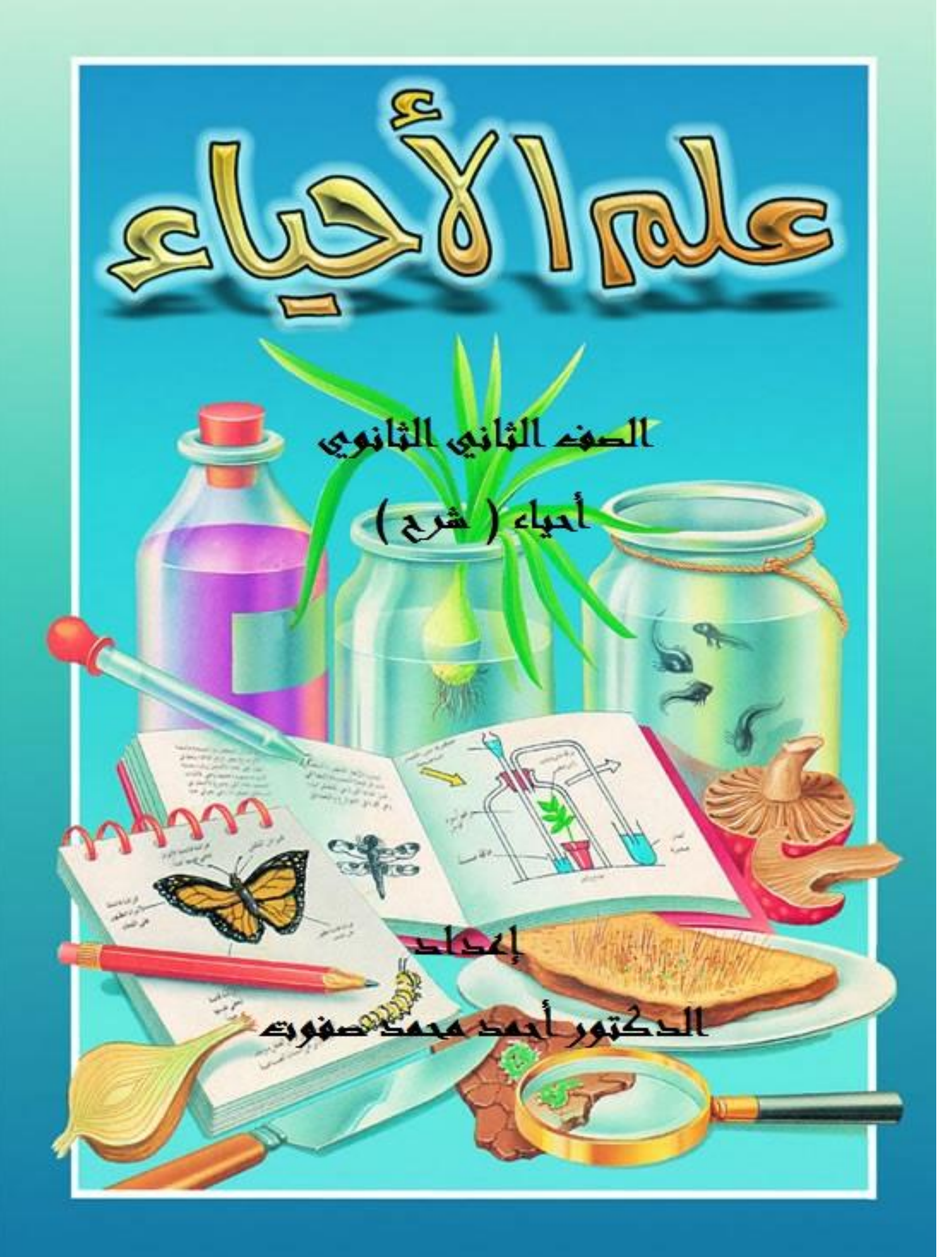


علم الأحياء
الصف الثاني الثانوي
أحياء (شرح)
إعداد
الدكتور أحمد محمد صفوت

أحياء

ثانية ثانوي

التركيب والوظيفة في الكائنات الحية

الفصل الثالث

التنفس في الكائنات الحية

إعداد

الدكتور أحمد محمد صفوت

التنفس في الكائنات الحية

أولاً : التنفس الخلوي

(1) الفرق بين تبادل الغازات والتنفس الخلوي.

(2) جزئ ATP (التركيب والأهمية).

(3) التنفس الخلوي الهوائي :

(إنشطار الجلوكوز – دورة كربس – سلسلة نقل الإلكترون).

(4) التنفس الخلوي اللاهوائي :

(التخمر الحمضي – التخمر الكحولي).

ثانياً : التنفس في الكائنات الحية

(1) التنفس في الإنسان

أ. تركيب الجهاز التنفسي.

ب. دور الجهاز التنفسي في الإخراج.

(2) التنفس في النبات

1. مفهومه – أنواعه.
2. العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس في النبات.

أولاً : التنفس الخلوي

(1) **يعتبر الجلوكوز والكربوهيدرات الآخرى**

1. صوراً لتخزين الطاقة.

2. صوراً تنتقل فيها الطاقة من خلية إلى آخرى ومن كائن حي إلى آخر.

(2) **تبدأ عملية التنفس الخلوي** بأكسدة جزئ الجلوكوز (حيث يُعبر عن جزئ الغذاء عادة بجزئ الجلوكوز عند إيضاح أسلوب وخطوات إنحلاله ؛ نظراً لأن أغلب خلايا الكائنات الحية تستخدمه لإنتاج الطاقة أكثر من استخدامها لأي جزئ غذاء آخر متوافر).

(3) تتم معظم مراحل أكسدة جزئ الجلوكوز داخل **الميتوكوندريا**.

(4) تخزن الطاقة الناتجة من التنفس الخلوي في **جزيئات ATP**.

(5) **أنواع التنفس الخلوي** :

أ. **التنفس الخلوي الهوائي**.

ب. **التنفس الخلوي اللاهوائي (التخمر)** :

1. **التخمر الحمضي**. 2. **التخمر الكحولي**.

الفرق بين التبادل الغازي والتنفس الخلوي

(1) **التبادل الغازي** : عملية حصول الكائن الحي على **الأكسجين** من الهواء الجوي (مباشرة كما في الكائنات **وحيدة الخلية** ، أو بواسطة الجهاز التنفسي كما في الكائنات **عديدة الخلايا**) ، وخروج **ثاني أكسيد الكربون** كمنتج نهائي للتنفس.

(2) **التنفس الخلوي** : عملية حيوية تقوم بها خلايا الكائن الحي **لإستخراج الطاقة المختزنة** في الروابط الكيميائية بجزيئات الطعام ، وخاصة السكريات (**الجلوكوز**) ، التي يصنعها النبات أو يتناولها الحيوان ، وتخزينها في **جزيئات ATP** ، ليستخدمها الكائن الحي في القيام بالأنشطة المختلفة.

جزيئات ATP

(1) **التعريف** : أدينوسين **ثلاثي** الفوسفات ، عملة الطاقة في الخلية الحية.

(2) **التركيب** :

** **يتركب جزئ ATP الواحد من ثلاث وحدات ، هي** :

1. **الأدينين** : قاعدة نيتروجينية (لها خواص قاعدية).
2. **الريبوز** : سكر خماسي الكربون.
3. **ثلاث مجموعات فوسفات.**

(3) **الوظيفة** :

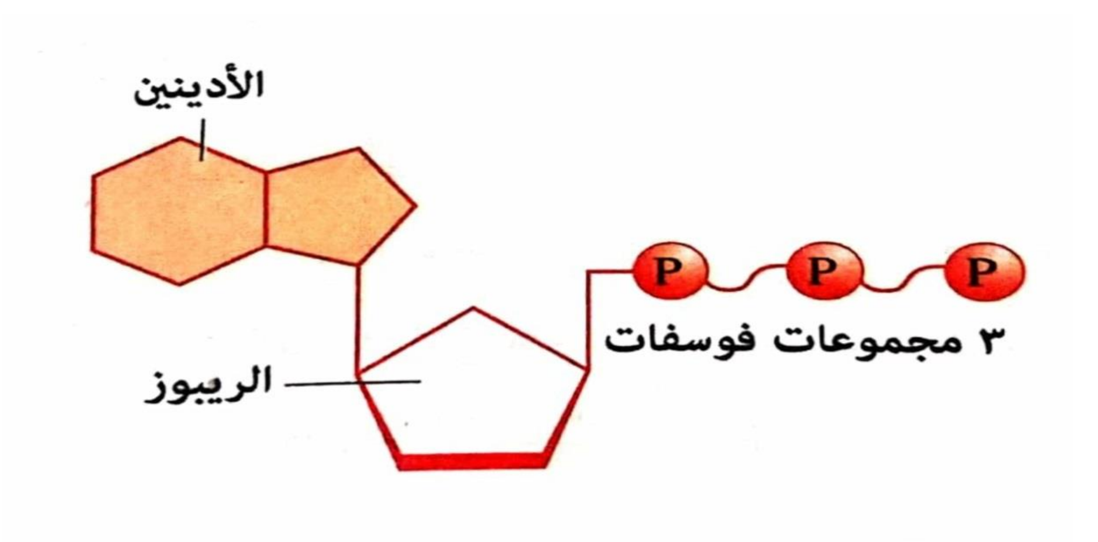
** **تعتبر جزيئات ATP العملة الدولية للطاقة فى الخلية**

لأن كل طاقة تحتاج الخلية إلي تدبيرها تقتضي وجود جزيئات ATP ، والتي يسهل تداولها.

وينطلق منها طاقة عند تحولها إلى جزيئات ADP (أدينوسين **ثنائي** الفوسفات).

(4) **مقدار الطاقة الناتجة من جزئ ATP**

** ينطلق من تحول ATP إلى ADP مقدار من الطاقة يُقدر ما بين (7 : 12) سعر حراري كبير لكل مول.



(أ) التنفس الخلوي الهوائي

(1) **التعريف** : هو عملية أكسدة الجلوكوز في الميتوكوندريا ، في وجود الأكسجين ، لإنتاج طاقة ، وهو السبيل الأساسي للحصول على الطاقة في معظم الكائنات الحية.

(2) **الطاقة الناتجة من أكسدة مول (جزئ) واحد من الجلوكوز $C_6H_{12}O_6$** تساوي 38 ATP.

(3) **المعادلة النهائية** :

$$C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 \longrightarrow 6\ CO_2 + 6\ H_2O + 38\ ATP$$

(4) **مراحل التنفس الهوائى أو أكسدة الجلوكوز**

** **تتم أكسدة الجلوكوز فى ثلاث مراحل ، كالتالى** :

1. **إنشطار الجلوكوز** (**السيتوسول** : **الجزء غير العضي من السيتوبلازم**).
2. **دورة كربس** (**الميتوكوندريا**).
3. **سلسلة نقل الإلكترون** (**الميتوكوندريا**).

** **أكسدة ذرات الكربون** (**الجلوكوز**) في **التنفس الخلوي** ينتج عنها **إنطلاق إلكترونات وذرات هيدروجين** ، ثم يتم بعد ذلك **حمل الهيدروجين وإستقبال الإلكترونات** أثناء **دورة كربس** على مرافقات الإنزيمات (**FAD & NAD^+**) ، لتكوين جزيئات (**$NADH$ & $FADH_2$**) ، **ثم يتم تحريرها** (**الإلكترونات والهيدروجين**) مرة آخرى ، في **سلسلة نقل الإلكترون** ، لإنتاج **الطاقة** على شكل **جزيئات ATP**.

(5) **أسباب حدوث دورة كربس وسلسلة نقل الإلكترون فى الميتوكوندريا**

** **لأن الميتوكوندريا تحتوى على** :

1. إنزيمات تنفس.
2. مرافقات إنزيمية.
3. ماء.
4. فوسفات.
5. **جزيئات حاملات الإلكترونات** (**السيتوكرومات**) : تحمل الإلكترونات على مستويات الطاقة المختلفة ، حيث تُزال ذرات الهيدروجين أثناء التفاعل لتمر إلى مرافقات الإنزيم.

** **السيتوكرومات (حاملات الإلكترونات)** : تتابعات من مرافقات الإنزيمات ، توجد في الغشاء الداخلي للميتوكوندريا ، تحمل الإلكترونات على مستويات مختلفة من الطاقة.

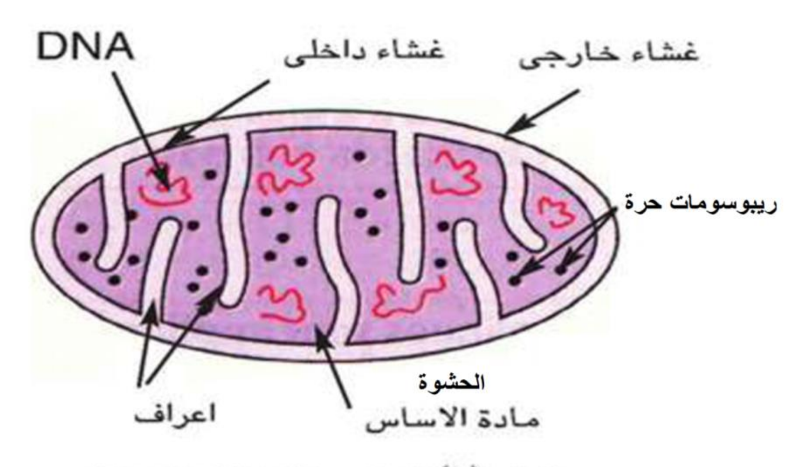
(6) **من أهم مرافقات الإنزيم** :

1. **NAD^+** : **مرافق إنزيم وحامل للهيدروجين** ، ويستقبل **الإلكترونات** التي تُزال في أكسدة ذرات الكربون أثناء تفاعلات أكسدة الجلوكوز ، يوجد في **السيتوسول والميتوكوندريا** ، ويُختزل إلى NADH.

$$NAD^+ + H_2 \longrightarrow NADH + H^+$$

2. **FAD** : **مرافق إنزيم وحامل للهيدروجين** ، ويستقبل **الإلكترونات** التي تُزال في أكسدة ذرات الكربون أثناء تفاعلات أكسدة الجلوكوز ، يوجد في **الميتوكوندريا** ، ويُختزل إلى $FADH_2$.

$$FAD + H_2 \longrightarrow FADH_2$$



شكل (١) تركيب الميتوكوندريون

(1) مرحلة إنشطار الجلوكوز

(1) **الأكسجين** : تتم هذه المرحلة في غياب أو وجود الأكسجين.

(2) **نوع التنفس** : تحدث في حالتي التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي.

(3) **مكان الحدوث** : السيتوسول.

** **السيتوسول** : الجزء غير العضي من السيتوبلازم ، وتتم فيه تفاعلات إنشطار الجلوكوز (مرحلة من مراحل التنفس الهوائي).

(4) **نواتج إنشطار جزئ واحد من الجلوكوز** :

(أ) 2 جزئ حمض البيروفيك 3C.

(ب) 2 جزئ ATP.

(5) **خطوات إنشطار الجلوكوز** :

1. يتحول جزئ الجلوكوز إلى (**جلوكوز 6 فوسفات**) ، الذي يتحول إلى (**فركتوز 6 فوسفات**) ، الذي يتحول إلى (**فركتوز 1 ، 6 ثنائي الفوسفات**).

2. ينشطر (**فركتوز 1 ، 6 ثنائي الفوسفات**) 6C إلى 2 جزئ (**فوسفوجليسرالدهيد**) 3C.

3. يتأكسد كل جزئ من **الفوسفوجليسرالداهيد** PGAL إلى جزئ **حمض البيروفيك** ($C_3H_4O_3$) ، وبالتالي ينتج 2 جزئ **حمض البيروفيك**.

(6) **يصاحب هذه التفاعلات** (**لكل جزئ جلوكوز**) :

1. **إختزال 2 جزئ من مرافق الإنزيم** ($2NAD^+ \rightarrow 2NADH$).

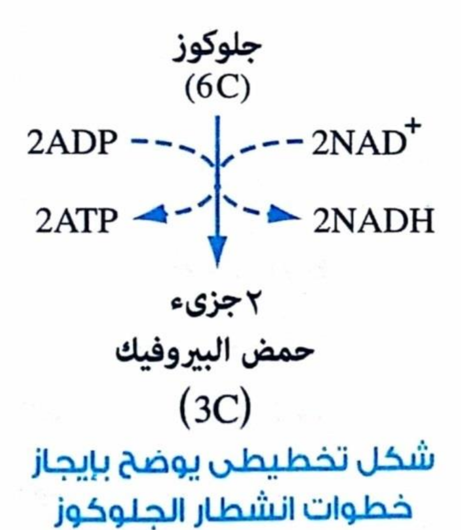
2. **إنتاج 2 جزئ من ATP في سيتوسول الخلية.**

(7) **معادلة التفاعل** :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \xrightarrow[\text{أنزيمات التنفس}]{\text{تنفس هوائي}} 2C_3H_4O_3 + 2ATP$$

(8) **الطاقة الناتجة** : 2 جزئ ATP

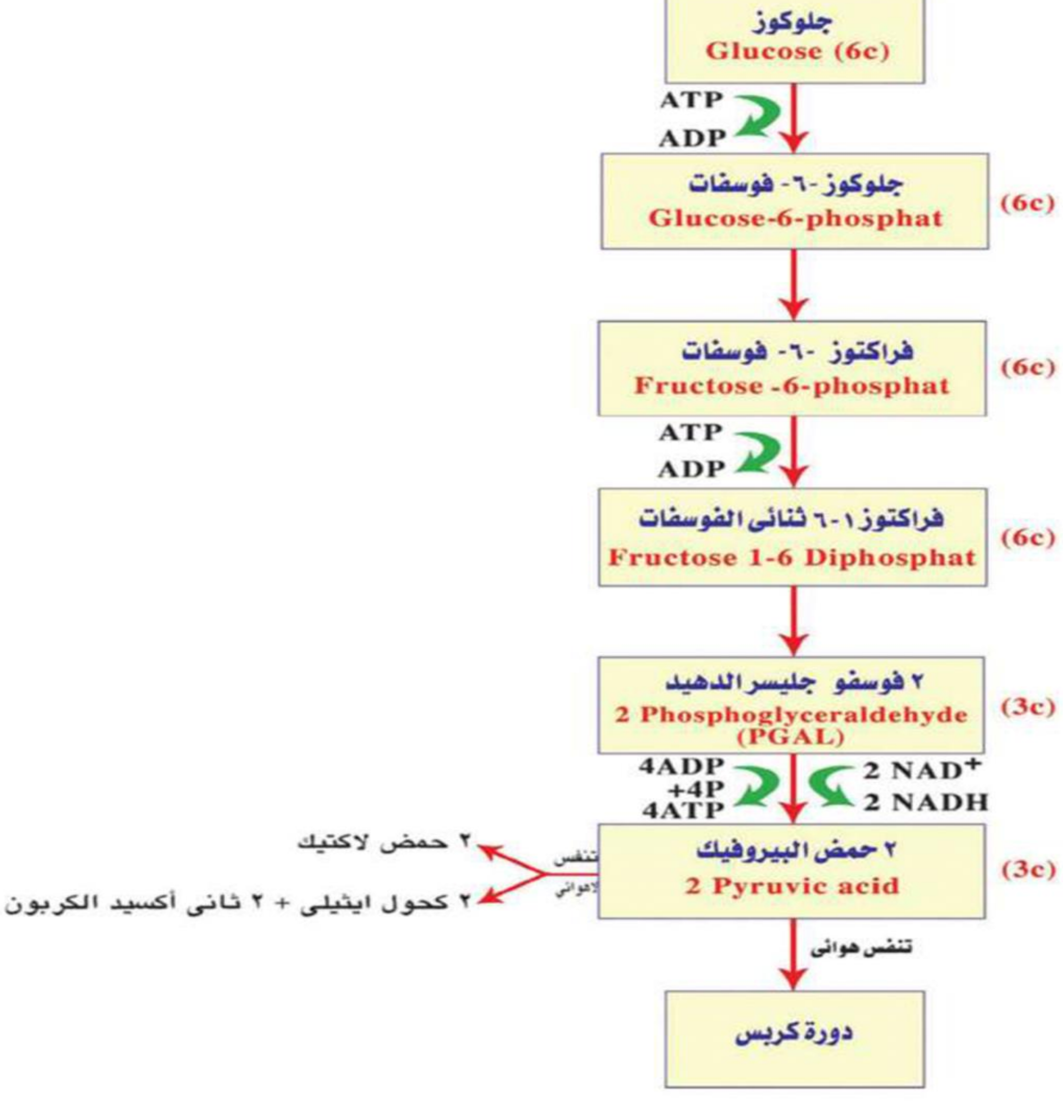
وهى طاقة غير كافية لأداء الوظائف الحيوية في الكائنات الحية ، لذا يدخل **حمض البيروفيك** إلى **الميتوكوندريا** ، في وجود **الأكسجين** لإنتاج طاقة أكبر ، **ويتم ذلك في خطوتين ، هما** : **دورة كربس – سلسلة نقل الإلكترون**.



(9) **أهمية إنشطار الجلوكوز** :

(أ) **إنتاج 2 جزئ ATP.**

(ب) **الحصول على حمض البيروفيك الذي يستخدم في التنفس الهوائي واللاهوائي (لإنتاج مزيد من الطاقة).**



شكل (٢) رسم تخطيطى لخطوات إنشطار الجلوكوز Glycolysis

(2) دورة كربس (دورة حمض الستريك)

(1) **مكان الحدوث** : الميتوكوندريا.

(2) **أول من وصفها (مكتشفها)** : العالم **هانز كربس** عام 1937 م ، ونال بسببها جائزة نوبل عام 1953 م.

(3) **قبل الدخول في دورة كربس يتم الآتي** :

1. يتأكسد كل جزئ من **حمض البيروفيك** إلى **مجموعة أستيل** ، تتحد مع **مرافق الإنزيم (أ)** مكونة **أستيل مرافق الإنزيم (أ)**.

2. وينتج عن ذلك **جزيئين NADH وجزيئين CO_2**.

3. يمكن **لمجموعات الأستيل الأخرى** (الناتجة من **تكسير جزيئات الدهون والأحماض الأمينية**) أن تتحد مع **مرافق الإنزيم (أ)** لتلتحق بدورة كربس.

(4) **خطوات دورة كربس** :

1. يدخل جزئ **أسيتيل مرافق الإنزيم (أ)** إلى دورة كربس ، حيث **ينفصل مرافق الإنزيم (أ)** عن **مجموعة الأسيتيل** ليكرر عمله في دورة أخرى.

2. تتحد **مجموعة الأسيتيل** ثنائي الكربون 2C مع **حمض الأكسالوأسيتيك** رباعي الكربون 4C ، لينتج **حمض الستريك** سداسي الكربون 6C.

3. **يمر حمض الستريك بثلاثة مركبات وسيطة** تبدأ بحمض **الكيتوجلوتاريك** 5C ، ثم **حمض الساكسينيك** 4C ، ثم **حمض الماليك** 4C ، لتنتهي التفاعلات بحمض الستريك مرة آخرى (**لذا تسمى دورة كربس بدورة حمض الستريك**).

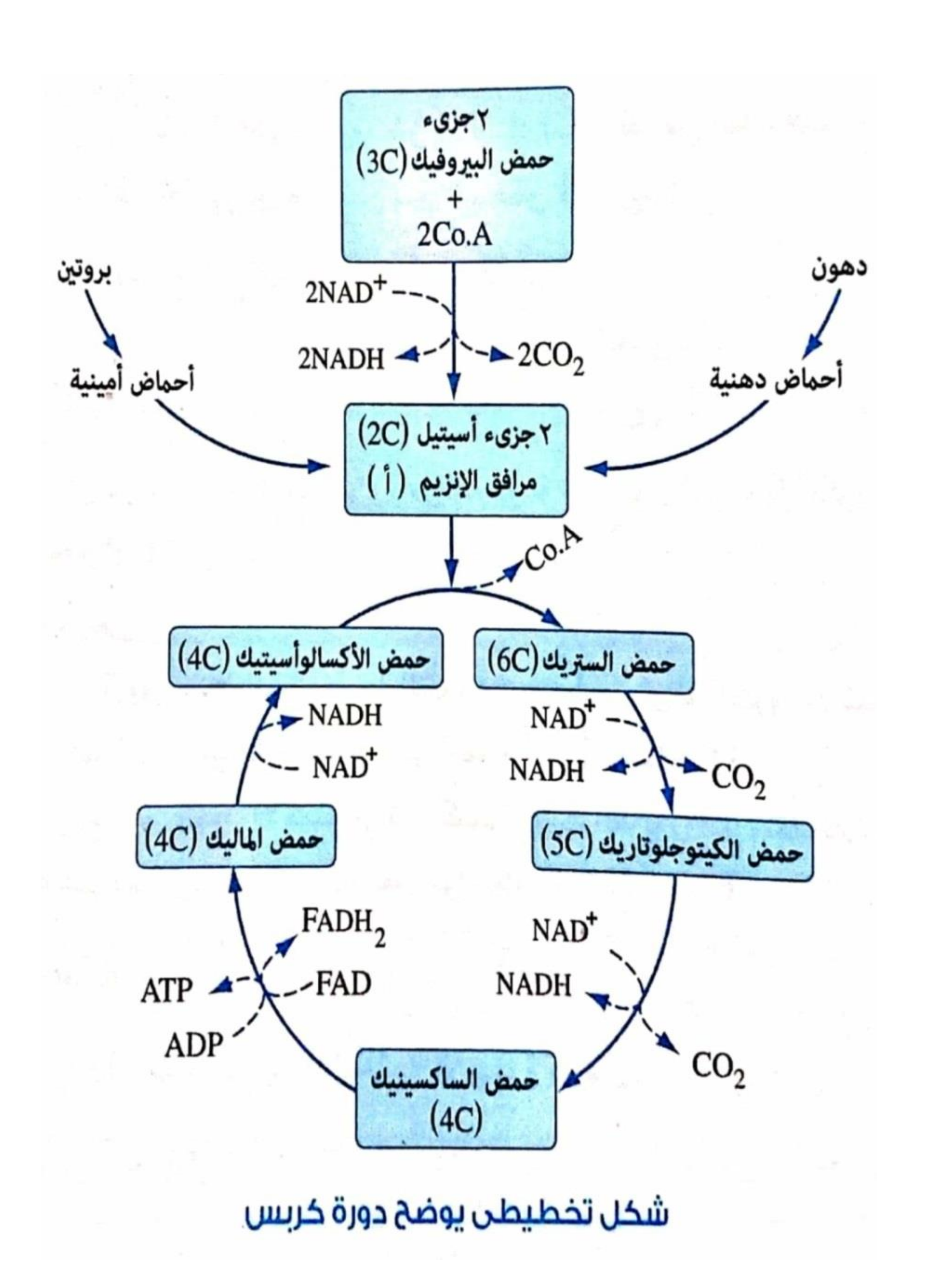
(5) **عدد الجزيئات المتحررة من الدورة الواحدة** : (**2 جزئ CO_2** ، **جزئ ATP** ، **3 جزئ NADH** ، **جزئ $FADH_2$**).

(6) **عدد مرات الحدوث** : تتكرر دورة كربس **مرتين** ، **مرة واحدة** لكل **جزئ من مجموعة الأستيل** (أي أنها تتكرر **مرتين لكل جزئ واحد من الجلوكوز**).

(7) **الأهمية** : **أكسدة ذرات الكربون خلال مجموعة من التفاعلات** (عن طريق **إزالة الإلكترونات** التي تستقبلها NAD^+ & FAD ، **ونقلها إلى السيتوكرومات** لتحرير الطاقة اللازمة لإنتاج ATP).

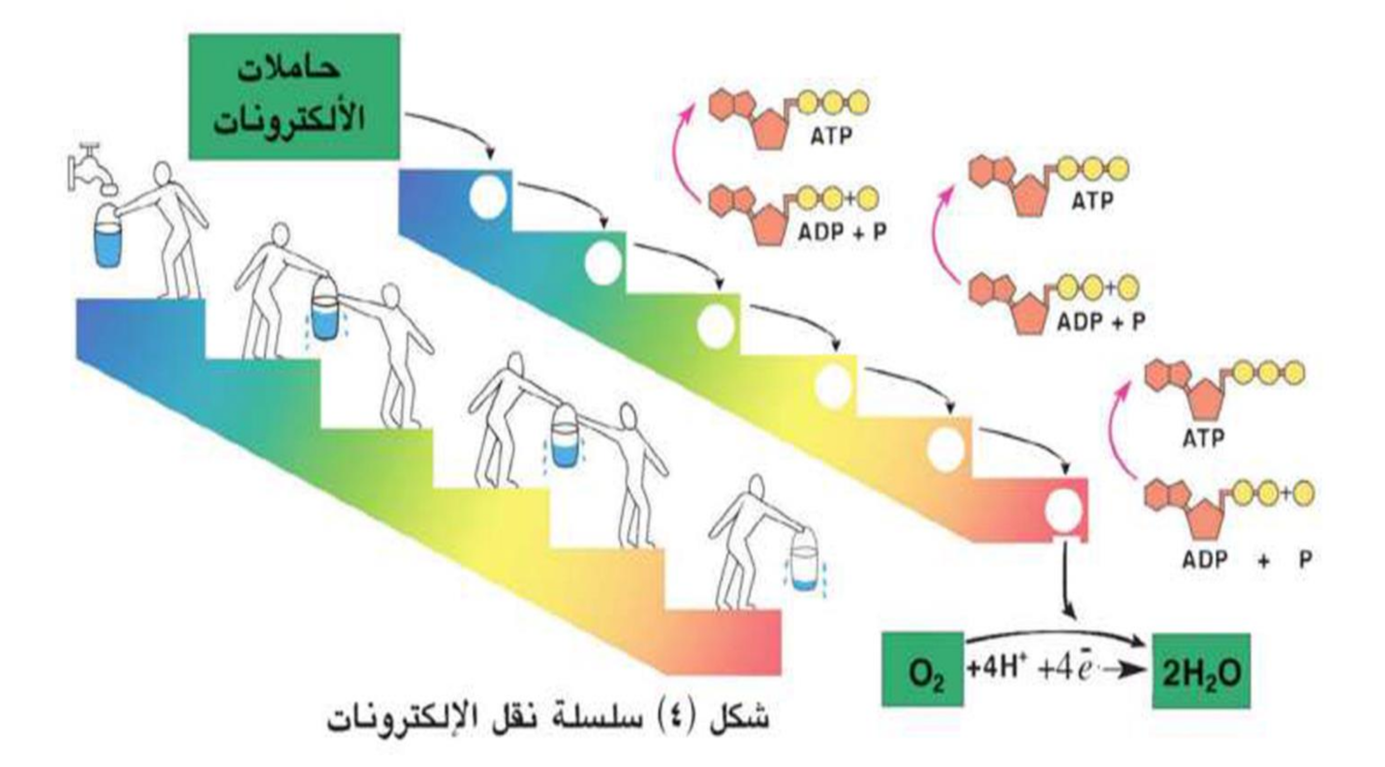
(8) **الحاجة إلى الأكسجين** : **لا تتطلب دورة كربس وجود الأكسجين** (لأن أكسدة ذرات الكربون أثناء تفاعلات دورة كربس ، **تتم بواسطة فقد الإلكترونات** ، والتي تستقبل بواسطة NAD^+ & FAD).

** **CO.A أو مرافق الإنزيم (أ)** : **مرافق إنزيم** يوجد في **الميتوكوندريا** ، ويحمل **مجموعة الأستيل** (**الناتجة من أكسدة حمض البيروفيك**) إلى داخل **دورة كربس** ، ثم ينفصل عنها بعد اتحادها **بحمض الأكسالوأسيتك** ليُكرر عمله في دورة آخرى.



شكل تخطيطى يوضح دورة كربس

(3) سلسلة نقل الإلكترون



شكل (٤) سلسلة نقل الإلكترونات

(1) **التعريف** : **المرحلة الأخيرة من التنفس الهوائي** التي **تبدأ** مع نهاية دورة كربس.

(2) **مكان الحدوث** : تحدث في **الميتوكوندريا**.

(3) **الخطوات** :

1. **يمر كل من الهيدروجين والإلكترونات** (**ذات المستوى العالي من الطاقة والمحمولة على كل من $FADH_2$ & NADH**) خلال تتابع من **مرافقات الإنزيمات** التي توجد في **الغشاء الداخلي للميتوكوندريا** ، وتُعرف بـ **السيتوكرومات** (**حاملات الإلكترونات**).

2. **تُحمل الإلكترونات على مستويات طاقة مختلفة** ، **وبمرور الإلكترونات من جزئ إلى آخر** من **السيتوكرومات** ؛ **تنطلق الطاقة** ، التي تُستخدم في تكوين جزيئات ATP من جزيئات ADP ، ويعرف ذلك بـ (**الفسفرة التأكسدية**).

3. **يعتبر الأكسجين هو المستقبل الأخير في سلسلة نقل الإلكترونات** ، **حيث أن زوج من الإلكترونات يتحد مع زوج من H^+ ، ثم مع ذرة أكسجين لتكوين الماء.**

$$2\bar{e} + 2H^+ + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O$$

(4) **في سلسلة نقل الإلكترونات**

1. **جزئ واحد من NADH** يُعطي **ثلاث جزيئات ATP**.

2. **جزئ واحد من $FADH_2$** يُعطي **جزيئين ATP**.

(5) **الأهمية** :

1. **تحرير الطاقة المختزنة في جزيئات $NADH$ & $FADH_2$** من خلال مرور الإلكترونات على تتابع من السيتوكرومات.

2. **استخدام الطاقة الناتجة في تكوين جزيئات ATP من جزيئات ADP.**

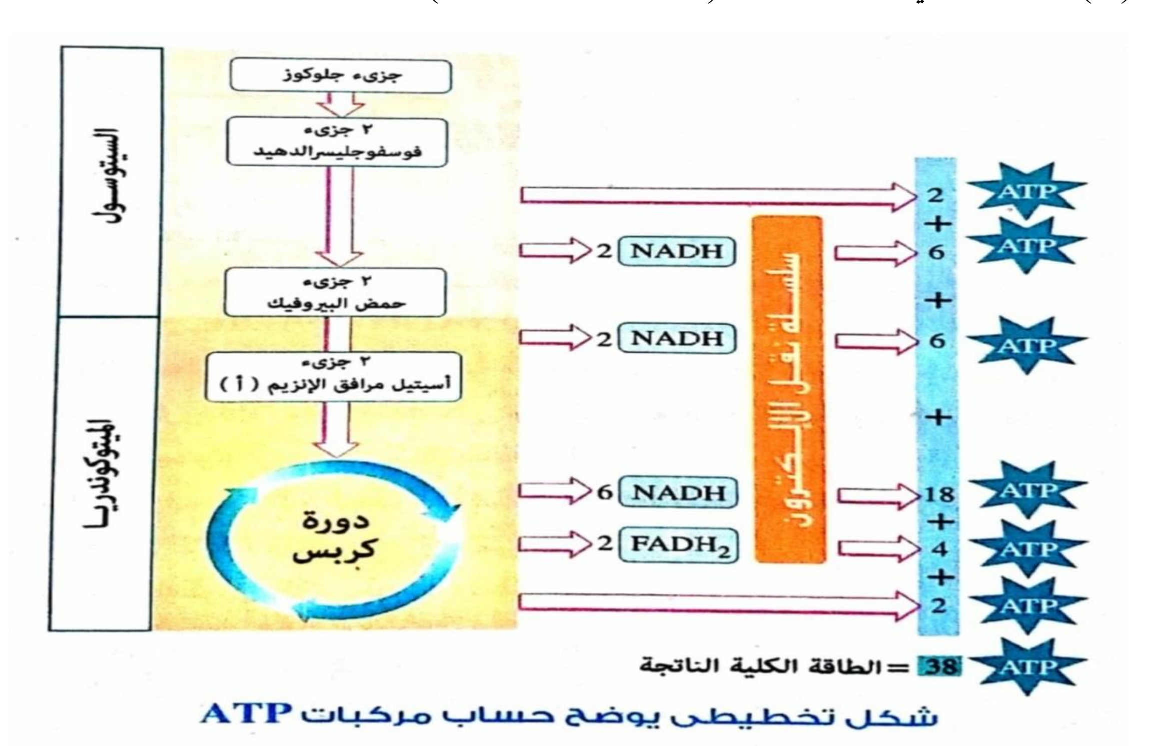
** **الفسفرة التأكسدية** : عملية تكوين **جزئ ATP** من **جزئ ADP** باتحاده مع **الفوسفات** ، باستخدام **الطاقة المنطلقة** أثناء **مرور الإلكترونات التي تحملها السيتوكرومات** من مستوى طاقة **أعلى** إلى مستوى طاقة **أقل**.

حساب جزيئات ATP الكلية الناتجة من التنفس الهوائي

** **تأكسد جزئ واحد من الجلوكوز في وجود الأكسجين في عملية التنفس الهوائي ينتج عنه 38 جزئ ATP** ، منها :

(أ) **2 جزئ في سيتوبلازم الخلية** (**أثناء إنشطار الجلوكوز**).

(ب) **36 جزئ في الميتوكوندريا** (**أثناء مرحلة التنفس**).



شكل تخطيطي يوضح حساب مركبات ATP

(ب) التنفس الخلوي اللاهوائي (التخمر)

(1) **التعريف** :

** **عملية حصول الكائن الحي على الطاقة من جزئ الغذاء (الجلوكوز) في نقص أو غياب الأكسجين** ، وذلك بمساعدة **مجموعة من الإنزيمات** ، وينتج عنه **كمية ضئيلة من الطاقة** (**2 جزئ ATP**).

(2) **مكان الحدوث** :

1. **البكتريا والخميرة**.
2. **الخلايا النباتية والحيوانية**.

(3) **مراحل التنفس اللاهوائي (التخمر)** :

1. **لا تتطلب عملية التخمر أكسجين** ، ولكنها تتم في وجود **مجموعة من الإنزيمات**.
2. **ينشطر جزئ الجلوكوز إلى جزيئين من حمض البيروفيك** ، وينتج عن ذلك (**2 جزئ NADH & 2 جزئ ATP**).
3. **يتحول حمض البيروفيك إلى حمض لاكتيك أو كحول إيثيلي** **وفقاً لنوع الخلية التي ينتج بها** ، ويعرف بـ (**التخمر**).

(4) **أنواع التنفس اللاهوائي (التخمر)** :

1. **التخمر الحمضي** (**البكتريا والخلايا الحيوانية " العضلات "**).
2. **التخمر الكحولي** (**الخميرة وبعض الأنسجة النباتية**).

أنواع التخمر

(أ) التخمر الحمضي

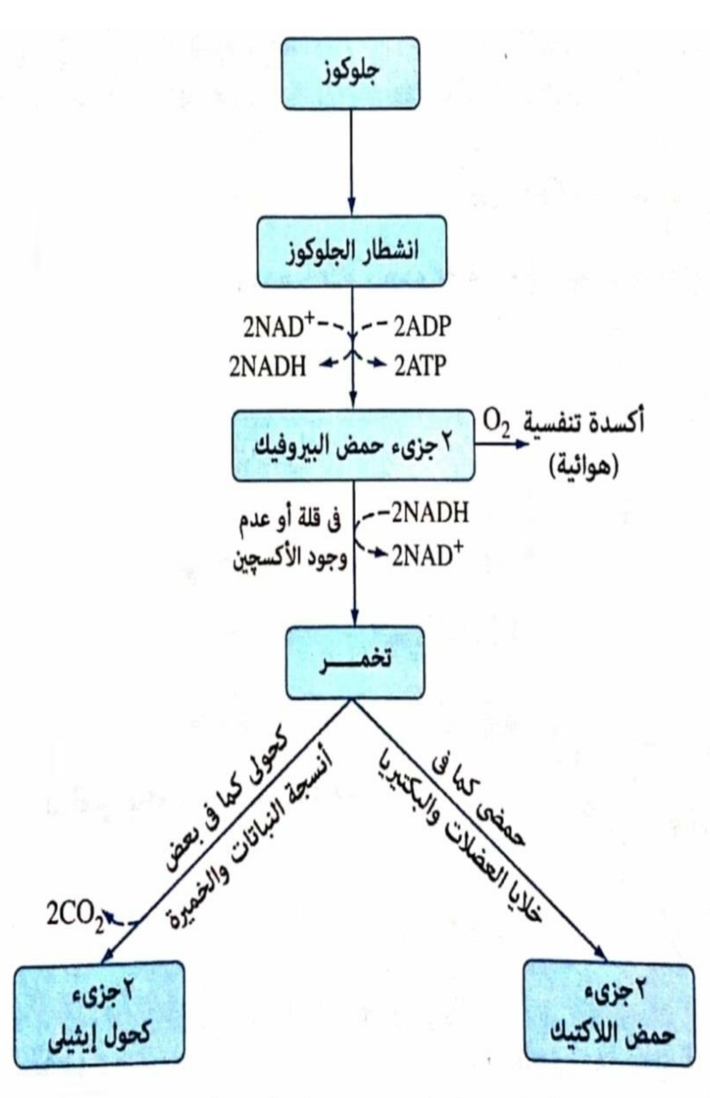
(1) **التعريف** : تنفس **لاهوائي** ، ينتج من **إختزال حمض البيروفيك** إلى **حمض اللاكتيك**.

(2) **مكان الحدوث** : **البكتريا والخلايا الحيوانية** (خصوصاً **خلايا العضلات**).

(3) **الخطوات** :

1. **تلجأ خلايا العضلات** (**عندما تؤدي تدريبات شاقة أو عنيفة**) إلى التنفس اللاهوائي ، حينما تستنفذ كل الأكسجين الموجود بها ، فتلجأ إلى **إختزال حمض البيروفيك** $C_3H_4O_3$ باتحاده مع الإلكترونات التي على NADH ، فيتحول إلى **حمض اللاكتيك** $C_3H_6O_3$ ، **ويُسبب ذلك ما يُعرف بالتعب العضلي**.

2. تقوم **البكتريا** بإختزال **حمض البيروفيك** إلى **حمض اللاكتيك** في عدم وجود الأكسجين ، **ويقوم على هذا النوع من التخمر صناعات الألبان** (**مثل : الجبن والزبد والزبادي**).



شكل تخطيطي يوضح التنفس اللاهوائي

(ب) التخمر الكحولي

(1) **التعريف** : تنفس **لاهوائي** ، ينتج من **إختزال حمض البيروفيك** إلى **كحول إيثيلي** (**إيثانول**) ، وينطلق CO_2.

(2) **مكان الحدوث** : **الخميرة وبعض الأنسجة النباتية**.

(3) **الخطوات** :

* تقوم **الخميرة وبعض الأنسجة النباتية** في ندرة الأكسجين أو غيابه بإختزال **حمض البيروفيك** إلى **كحول إيثيلي** (**إيثانول**) ، وينطلق غاز **ثاني أكسيد الكربون** ، **ويستخدم ذلك في صناعة الكحول والخبز**.

مقارنة بين التنفس الهوائي والتنفس اللاهوائي

وجه المقارنة	التنفس الهوائي	التنفس اللاهوائي
الأكسجين	يتطلب وجود الأكسجين ؛ لتتحد الإلكترونات والبروتونات معاً ، ثم مع الأكسجين لتكوين الماء.	لا يتطلب وجود الأكسجين ، إنما يتم بمساعدة مجموعة من الإنزيمات.
مكان الحدوث	يحدث جزء منه في السيتوبلازم والباقي في الميتوكوندريا.	يحدث كله في السيتوبلازم.
نواتج تحول حمض البيروفيك	جزئ أسيتل مرافق الإنزيم (أ).	إما إلى كحول إيثيلي (الخميرة) أو حمض لاكتيك (العضلات والبكتريا).
تحرير الطاقة	يحدث تحرير كلي تقريباً للطاقة الموجودة في الجلوكوز.	يحدث تحرير جزئي للطاقة الموجودة في الجلوكوز.
كمية الطاقة الناتجة	38 ATP	2 ATP
النوائج النهائية	مواد أولية منخفضة الطاقة (H_2O & CO_2).	مواد عضوية (كحول إيثيلي أو حمض لاكتيك).

مقارنة بين التخمر الحمضي والتخمر الكحولي

وجه المقارنة	التخمر الحمضي	التخمر الكحولي
مكان الحدوث	الخلايا الحيوانية (العضلات) والبكتريا.	الخميرة وبعض أنسجة النباتات.
ينتج من (كيفية الحدوث أو الطريقة)	يتم اختزال حمض البيروفيك إلى حمض اللاكتيك.	يتم اختزال حمض البيروفيك إلى كحول إيثيلي (الإيثانول) وثاني أكسيد الكربون.
الأهمية	- التخمر الحمضي في العضلات يسبب التعب العضلي. - التخمر الحمضي في البكتريا تقوم عليه صناعات الألبان (مثل : الجبن والزبد والزبادي).	له فوائد صناعية متعددة ، كصناعة الكحول والخبز.

مقارنة بين NAD^+ & NADP

وجه المقارنة	NAD^+	NADP
المكان	مرافق إنزيم يوجد في الميتوكوندريا والسيتوبلازم.	مرافق إنزيم يوجد في البلاستيدة الخضراء.
المركب الناتج بعد الإتحاد مع الهيدروجين	NADH ($NAD^+ + H_2 \rightarrow NADH + H^+$)	$NADPH_2$ ($NADP + H_2 \rightarrow NADPH_2$)
الوظيفة	1. مستقبل هيدروجين. 2. مستقبل للإلكترونات التي تزال من أكسدة ذرات الكربون (الجلوكوز) ، خلال مجموعة من التفاعلات الخاصة بعملية التنفس الخلوي ، لتنقلها إلى السيتوكرومات ، لتحرير الطاقة اللازمة لإنتاج ATP.	** مستقبل هيدروجين : حيث يحمل الهيدروجين اللازم لإختزال CO2 (يمنع هروب أو إتحاد الهيدروجين مرة آخرى مع الأكسجين) ، لتكوين المواد الكربوهيدراتية ، أثناء التفاعلات اللاضوئية لعملية البناء الضوئي.

مقارنة بين ATP & ADP

	ATP	ADP
الإسم	أدينوسين ثلاثي الفوسفات.	أدينوسين ثنائي الفوسفات.
التركيب	قاعدة أدينين – سكر ريبوز – ثلاث مجموعات فوسفات.	قاعدة أدينين – سكر ريبوز – مجموعتي فوسفات.
الطاقة الناتجة أو المختزنة	عند تحول ATP إلى ADP ينطلق قدر من الطاقة (7 : 12 سعر حراري كبير).	عند تحول ADP إلى ATP يتم إختزان كمية من الطاقة.

تجربة : إثبات عملية التنفس اللاهوائي (إثبات عملية التخمر الكحولي)

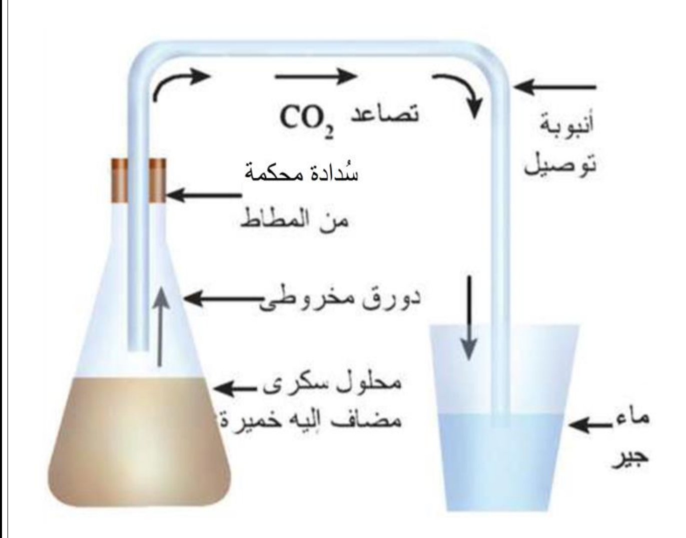
(1) **الخطوات** :

1. نضع **محلولاً سكرياً** (**أو عسل أسود مخفف بالماء بنسبة 1 : 2 على الترتيب**) في **دورق مخروطي** كما هو موضع في الشكل المقابل.

2. نضف قدراً من **الخميرة** لمحتويات الدورق مع مزجها جيداً بالمحلول.

3. نسد الدورق **بسدادة** تنفذ منها **أنبوبة توصيل** بحيث يكون طرفها الآخر مغمور في كأس به **ماء جير** (رائق).

4. نترك الجهاز في مكان **دافئ** لعدة **ساعات**.



شكل (١٠) تجربة لإثبات التخمر الكحولى

(2) **المشاهدة** :

1. تصاعد **فقاعات غازية** فوق سطح محتويات الدورق.

2. تصاعد **رائحة الكحول** من الدورق.

3. تعكر **ماء الجير** (**الرائق**).

(3) **الإستنتاج** :

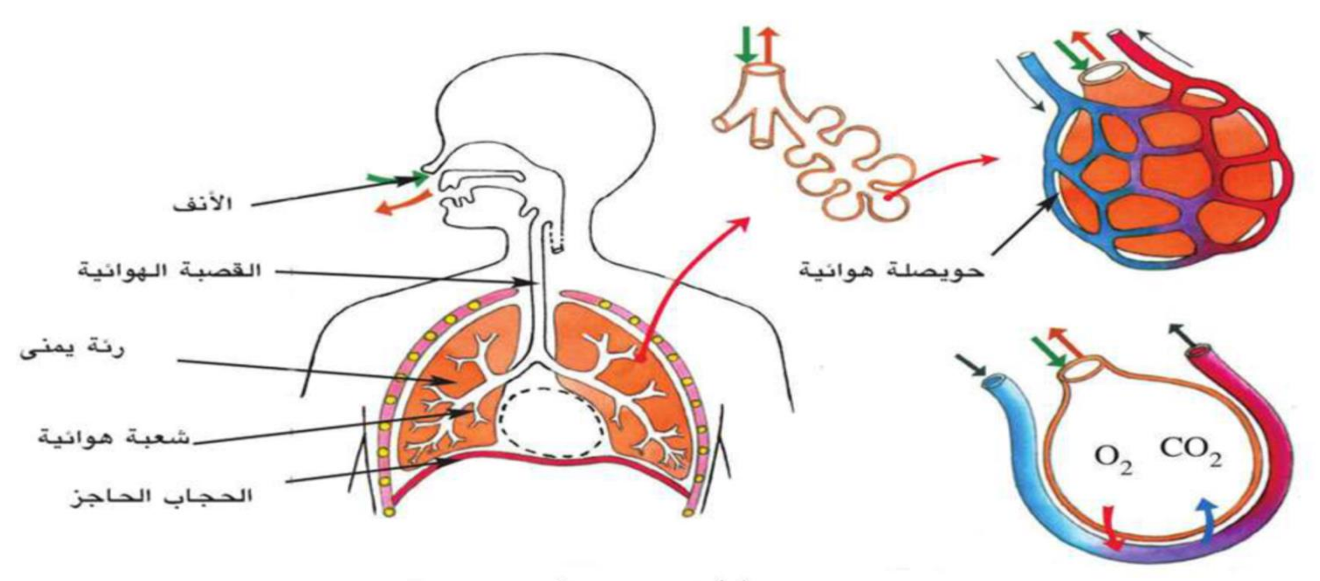
1. تقوم الخميرة **بعملية التنفس اللاهوائي** ، فيتصاعد غاز **ثاني أكسيد الكربون** ، الذي يعكر ماء الجير ، كما يتحول المحلول السكري إلى **كحول**.

2. تقوم الخميرة **بالتنفس اللاهوائي** (**في عدم وجود الأكسجين**) ، و هو ما يسمى **بالتخمر الكحولي**.

ثانياً : التنفس في الإنسان

** **يقوم الجهاز التنفسى في جسم الإنسان** بإستخلاص **الأكسجين** من الهواء الجوي ، ثم يوصله إلى **الدم** ، الذي يوصله بدوره إلى **خلايا الجسم**.

الجهاز التنفسي في الإنسان



شكل (٧) الجهاز التنفسى

التركيب : **الأنف أو الفم – البلعوم – الحنجرة - القصبة الهوائية - الرئتان.**

(1) **الأنف أو الفم** :

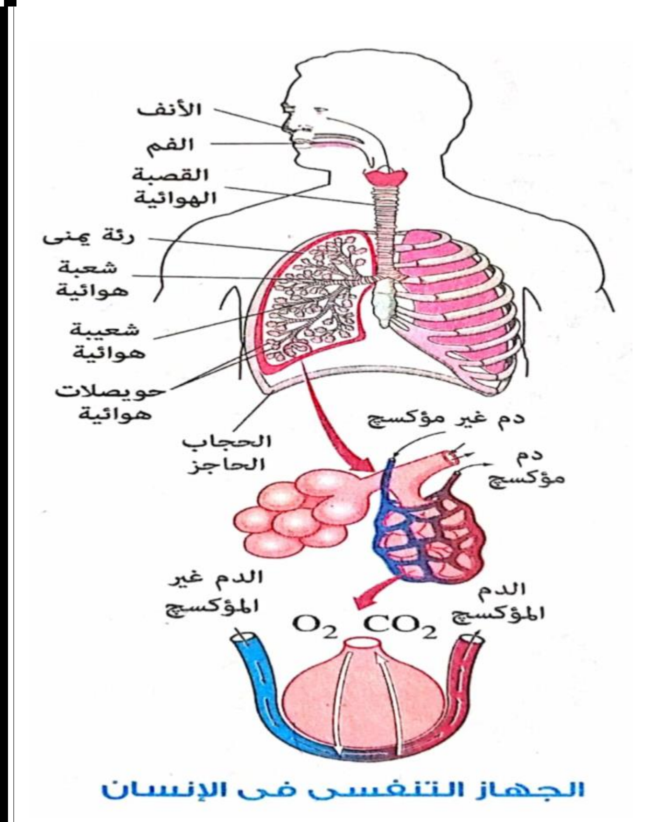
* يدخل **الهواء** إلى الجسم عن طريق الأنف أو الفم.

* **لكن يُفضل صحياً دخول الهواء من الأنف لأنه** (**الملائمة الوظيفية للأنف**) :

1. **ممر دافئ** بما يبطنه من **شعيرات دموية** كثيرة.
2. **رطب** بما يفرز فيه من **مخاط**.
3. **مُرشح** بما يحتويه من مخاط وشعيرات تعمل **كمصفاة**.

(2) **البلعوم** : يمر الهواء خلاله ، وهو **طريق مشترك** لكل من **الهواء والغذاء**.

(3) **الحنجرة** : يمر الهواء من خلالها إلى القصبة الهوائية ، وهى تعرف **بصندوق الصوت**.



الجهاز التنفسى فى الإنسان

(4) **القصبة الهوائية** (**الملائمة الوظيفية**):

1. تحتوي على **حلقات غضروفية** (**لتجعلها مفتوحة باستمرار**).

2. مبطنة من الداخل **بأهداب** تتحرك من **أسفل لأعلى** (**لتعمل على تنقية الهواء المار بها ، بتحريك ما قد يكون به من دقائق غريبة إلى البلعوم فيمكن إبتلاعها**).

3. **تتفرع عند طرفها السفلي** إلى **شعبتين** ؛ كل منهما يتفرع إلى **أفرع أرفع فأرفع** تسمى (**الشعيبات**) ، وتنتهي أدق التفرعات **بأكياس** تسمى (**الحويصلات الهوائية**).

(5) **الرئتان** : تتكون من مجموعة **الحويصلات الهوائية** وما يتصل بها من **شعيبات** وما يحيط بها من **شعيرات دموية**.

الملائمة الوظيفية للحويصلات الهوائية

(أ) **عددها كبير جدا** يصل إلى نحو **600 مليون حويصلة** في **الرئة الواحدة** (**لزيادة مساحة الأسطح التنفسية**).

(ب) **جدرها تعتبر أسطح تنفسية فعلية ، حيث إنها** :

1. **رقيقة** (**مما يعمل على سرعة التبادل الغازي**).

2. **محاطة من الخارج بشبكة ضخمة من الشعيرات الدموية** (**التي يلتقط دمها الأكسجين من هواء الحويصلة الهوائية وما يتصل بها من شعيبات**).

3. **مرطبة ببخار الماء اللازم لذوبان O_2 & CO_2** (**لإتمام عملية تبادل الغازات بين هواء الحويصلة والدم المحيط بها في الشعيرات الدموية**).

دور الجهاز التنفسي في الإخراج

(1) **يقوم بإخراج CO2 (ثاني أكسيد الكربون)**.

(2) **له دور هام في إخراج بعض الماء مع هواء الزفير في صورة بخار ماء ، حيث** :

أ. **يفقد الإنسان يومياً نحو 500 سم^3 من الماء** من خلال **الرئتين** (**وذلك من المجموع الكلي الذي يفقده من الماء ، وهو نحو 2500 سم^3**).

ب. يتم هذا الفقد نتيجة تبخر الماء (الذي يرطب جدر الحويصلات الهوائية ، واللازم لذوبان CO2 & O2 ، لإتمام عملية تبادل الغازات بين هواء الحويصلة والدم المحيط بها في الشعيرات الدموية).

ثالثاً : التنفس في النبات

- **التعريف** : عملية حصول النبات على **الطاقة الكيميائية المختزنة** في صورة **جزيئات عضوية غنية بالطاقة (الجلوكوز)** ، من خلال **سلسلة من التفاعلات** تتضمن **تكسير روابط الكربون** في **المادة العضوية** ، ليؤدي بها إحدى وظائفه الحيوية.

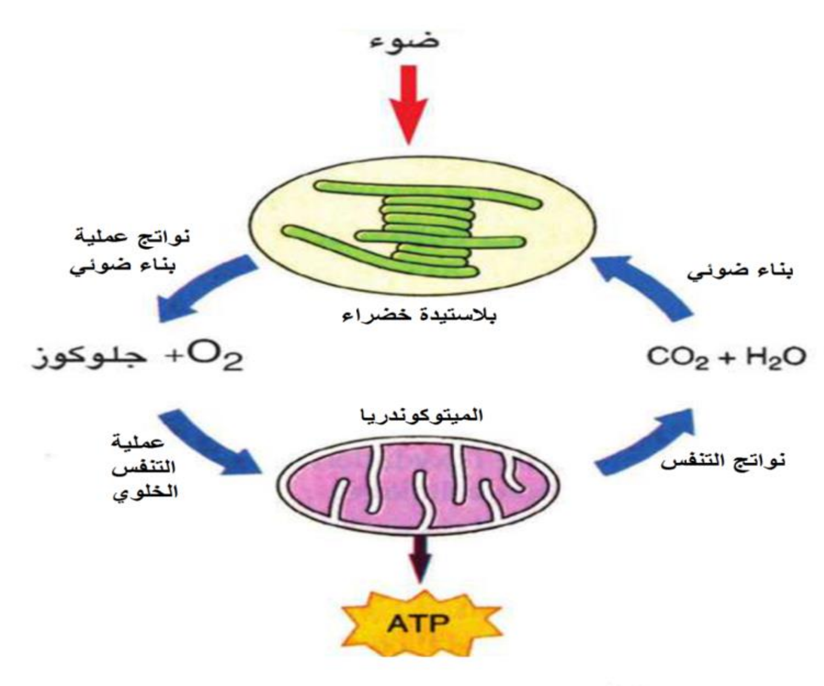
- **الأنواع** :

1. **التنفس الهوائي** : يتم فيه **تحرير الطاقة** بعملية **الأكسدة** في **وجود الأكسجين** بصفة أساسية.
2. **التنفس اللاهوائي** : يتم فيه **تحرير الطاقة** في **غياب الأكسجين**.

(1) التنفس في معظم النباتات

** **تتصل الخلية الحية مباشرة بالبيئة الخارجية ، مما يُسهل عملية تبادل الغازات** ، **حيث**

1. **ينتشر غاز الأكسجين إلى داخل الخلية**.
2. **ينتشر غاز ثاني أكسيد الكربون إلى خارجها**.



شكل (٨) دورة البناء الضوئي والتنفس الخلوى

(2) التنفس في النباتات الوعائية

(1) طرق الحصول على الأكسجين	(2) طرق التخلص من ثاني أكسيد الكربون
1. ثغور الأوراق : ✓ عندما تفتح الثغور ، يدخل الهواء المحمل بالأكسجين إلى **الغرف الهوائية** ، ثم ينتشر منها إلى كافة المسافات البينية التي تتخلل أعضاء النبات المختلفة. ✓ فبذلك ينتشر الغاز خلال **أسطح الخلية** ، ويذوب في **ماء الخلية**. 2. ممرات اللُحاء : ✓ يُحمل بعض **الأكسجين** إليها مع **الماء** ، فيصل بذلك إلى **أنسجة الساق والجذر**. 3. الجذور : ✓ يدخل **الأكسجين** من خلالها **مذاباً** في **ماء التربة** الذي تمتصه **الشعيرات الجذرية** أو تتشربه **جدر الخلايا**. 4. **ثغور الساق الخضراء وعُديسات الساق الخشبية أو أي تشققات في القلف.**	1. الخلايا التي على السطح : **ينتشر الغاز منها مباشرة إلى البيئة الخارجية** ، حيث تكون **مُعرضة** مباشرة للهواء أو التربة. 2. الخلايا التي في العُمق : **يمر الغاز** إلى **أنسجة الخشب أو اللحاء** ، ثم إلى **الثغور** (الأوراق) ، ثم إلى البيئة **الخارجية**.

العلاقة بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس في النبات

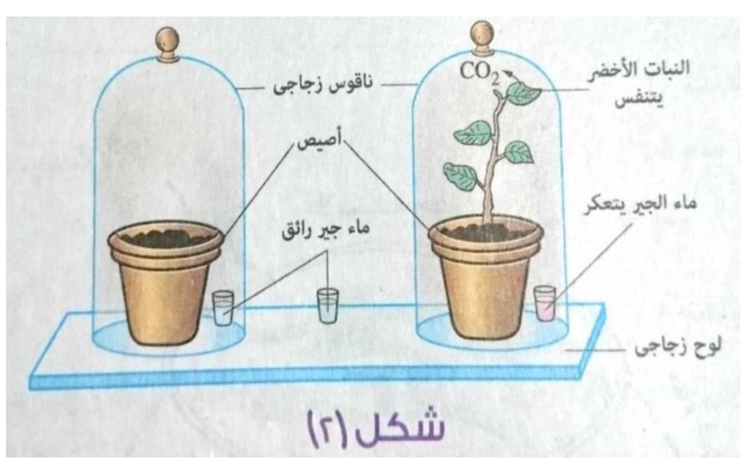
ما يتم في البلاستيدة الخضراء ينعكس في الميتوكوندريا :

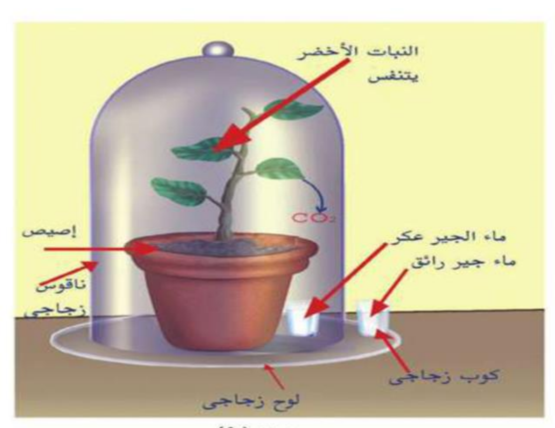
1. تقوم **البلاستيدات الخضراء** في النبات الأخضر **بعملية البناء الضوئي** مُنتجة **الجلوكوز وغاز الأكسجين**.

2. يتجه **الجلوكوز وغاز الأكسجين** إلى **الميتوكوندريا** لتحرير **الطاقة** من خلال **عملية التنفس الخلوي**.

3. يتجه **غاز ثاني أكسيد الكربون والماء** الناتجين من **عملية التنفس الخلوي** إلى **البلاستيدة الخضراء** لإتمام **عملية البناء الضوئي**.

تجربة : إثبات حدوث التنفس في الأجزاء النباتية الخضراء





شكل(٩)
تجربة لإثبات تنفس النبات الأخضر

(1) **الخطوات** :

1. نحضر **أصيص مزروع به نبات أخضر** ، ونضعه على لوح زجاجي.
2. نضع بجوار الأصيص **كأساً أو كوباً صغيراً** به **محلول ماء الجير الرائق**.
3. نُنكس فوقهما **ناقوساً زجاجياً** ، ثم نُغط الناقوس بقطعة **قماش سوداء** (**لحجب الضوء عن النبات ووقف عملية البناء الضوئي التي تستهلك غاز ثاني أكسيد الكربون الموجود في هواء الناقوس أو المتصاعد من التنفس**).
4. نعد **جهازاً آخراً مماثلاً للجهاز السابق** مع جعل **الأصيص خالياً من أي نبات مزروع**.
5. نضع **كأساً آخر** بين الجهازين تكون ممتلئة **بماء الجير الرائق**.
6. نترك **الجهازين والكأس** التي بينهما فترة من الزمن.

(2) **المشاهدة** :

- **يتعكر ماء الجير الرائق** في **الأصيص المزروع به النبات الأخضر** داخل الناقوس الزجاجي فقط.
- **لا يتعكر** ماء الجير في **الأصيص الخالي من النبات الأخضر** ولا في **الكأس الموجود بين الجهازين**.

(3) **التفسير** :

أ. **يتعكر ماء الجير الرائق فى الأصيص المزروع** ، **بسبب** :

- ✓ قيام النبات الأخضر **بعملية التنفس**.
- ✓ خروج **غاز ثاني أكسيد الكربون** الذي يُعكر ماء الجير في الكأس.

ب. **لا يتعكر ماء الجير الرائق فى الأصيص الخالى أو فى الكأس بين الجهازين** ، **بسبب** :
صغر نسبة **غاز ثاني أكسيد الكربون** سواء في الهواء الجوي أو داخل الناقوس.

(4) **الإستنتاج** : يقوم النبات الأخضر **بعملية التنفس** ، ويطرد غاز **ثاني أكسيد الكربون** الذي يُعكر ماء الجير الرائق.

أرقام لها مدلولات بيولوجية

-1	عدد جزيئات ATP الناتجة عن أكسدة مول واحد من الجلوكوز	38
-2	عدد جزيئات ATP الناتجة عن إنشطار جزئ جلوكوز في السيتوسول	2
-3	عدد جزيئات حمض البيروفيك الناتجة عن إنشطار جزئ جلوكوز في السيتوسول	2
-4	عدد جزيئات ATP الناتجة عن دورة كربس لجزئ الجلوكوز	2
-5	عدد جزيئات ATP الناتجة عن جزئ NADH	3
-6	عدد جزيئات ATP الناتجة من جزئ $FADH_2$	2
-7	عدد جزيئات ATP الناتجة من سلسلة نقل الإلكترون لجزئ الجلوكوز	34
-8	* عدد جزيئات ATP الناتجة عن عملية التنفس الهوائي لجزئ الجلوكوز. * عدد جزيئات ATP الناتجة عن الأكسدة التامة لجزئ جلوكوز في وفرة O_2	38
-9	عدد جزيئات ATP الناتجة عن عملية التنفس اللاهوائي (التخمر) لجزئ الجلوكوز	2
-10	عدد جزيئات ATP الناتجة عن الأكسدة التامة لجزئ واحد من حمض البيروفيك في وفرة من O_2	15
-11	عدد جزيئات ATP الناتجة عن الأكسدة التامة لجزئ واحد من حمض اللاكتيك في وفرة من O_2	1
-12	عدد جزيئات حمض اللاكتيك الناتجة من جزئ حمض بيروفيك في التنفس اللاهوائي	1
-13	عدد جزيئات الكحول الإيثيلي الناتجة من جزئ حمض بيروفيك في التنفس اللاهوائي	1
-14	كمية الماء المفقودة (في صورة بخار ماء) يومياً من خلال الرئتين.	500 سم^3
-15	كمية الماء المفقودة يومياً من جسم الإنسان	حوالي 2500 سم^3